

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-099360

(43)Date of publication of application : 11.04.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/109

G02F 1/37

H01S 3/094

H01S 3/18

(21)Application number : 06-103832

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 18.05.1994

(72)Inventor : MINEMOTO TAKASHI  
OZAKI YUSUKE  
SONODA NOBUO

(30)Priority

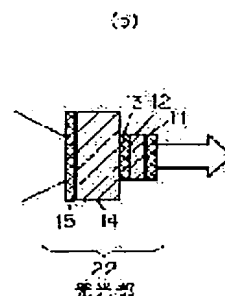
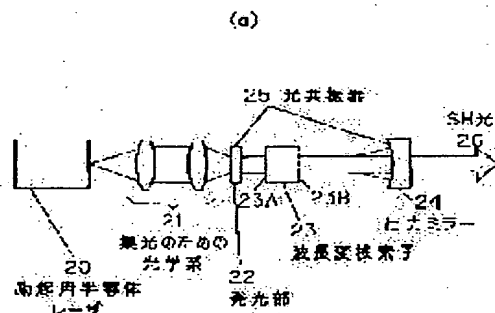
Priority number : 05115626 Priority date : 18.05.1993 Priority country : JP

## (54) LASER SYSTEM

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To emit SH beams capable of easily converting  $0.8\mu\text{m}$  band into basic waves by a method wherein, as for the solid laser medium, GaAs crystal, AlGaAs crystal or super lattice crystal thereof are applicable in relation to the laser system including inner resonator type wavelength converting element.

**CONSTITUTION:** The laser system is mainly composed of an exciting semiconductor laser 20, a light emitting part 22 as a solid laser medium excited by the laser 20 and a wavelength conversion element 23 converting the wavelength of laser beams from the excited solid laser. As for the solid laser medium of the light emitting part 22, GaAs, AlGaAs, GaAs-AlGaAs base semiconductor crystals are applicable.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3329066

[Date of registration]

19.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成7年(1995)4月11日

審査請求 未請求 請求項の数11 O.L (全 11 頁)

(74) 代理人 弁理士 小鍛治 明 (外2名)

1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】半導体レーザと、

前記半導体レーザにより励起される固体レーザ媒質と、  
前記固体レーザ媒質から出射するレーザ光の波長を変換  
する波長変換素子と、

前記固体レーザから出射するレーザ光を増幅するための  
光共振器とを備え、

前記半導体レーザからの励起光は、前記固体レーザ媒質  
の片方の主面に照射され、

前記光共振器は、前記主面と、反対側に配置された出力  
ミラーとの間で構成されており、

前記光共振器の間に前記波長変換素子が配置されてお  
り、

前記固体レーザ媒質としてIII-V族半導体結晶またはI  
I-VI族半導体結晶を用いることを特徴とするレーザ装  
置。

【請求項2】固体レーザ媒質として、GaAs結晶、AlGaAs結晶、GaInP結晶またはそれらの混晶結  
晶や超格子結晶から選ばれる少なくとも一つの物質、  
またはCdS、CdSe、ZnS、ZnSe、ZnTe、MgS、MgSe及びそれらの混晶結晶や超格子結  
晶から選ばれる少なくとも一つの物質を用いることを特  
徴とする請求項1記載のレーザ装置。

【請求項3】半導体レーザの励起パワー及び発生した第  
2次高調波パワーをモニターフォトダイオードを備えた  
ことを特徴とする請求項1または2に記載のレーザ装  
置。

【請求項4】構成要素光部品が温度コントロールされて  
いることを特徴とする請求項1または2記載のレーザ装  
置。

【請求項5】固体レーザ媒質の発光に寄与する部分の主  
面の直径が励起用半導体レーザビームの直径と同程度で  
あることを特徴とする請求項1または2に記載のレーザ  
装置。

【請求項6】固体レーザ媒質の片方の主面には、誘電体  
多層膜よりなるミラーが形成されており、前記ミラーは  
半導体レーザより出射された励起光を透過し、かつ基本  
波を効率よく反射する機能を有し、さらに前記主面がサ  
ファイヤ基板またはダイヤモンド基板に接合されている  
ことを特徴とする請求項1または2に記載のレーザ装  
置。

【請求項7】固体レーザ媒質が直接Au、Ag、Cu、  
Al、またはこれらをの元素を含む熱伝導率が $100\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$   
以上の合金に保持されていることを特徴と  
する請求項1または2に記載のレーザ装置。

【請求項8】サファイヤ基板、またはダイヤモンド基板  
がAu、Ag、Cu、Al、またはそれらの元素を含む  
熱伝導率が $100\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 以上の合金からなる材  
料に保持されていることを特徴とする請求項6記載のレ  
ーザ装置。

2

【請求項9】波長変換素子の励起側主面に基本波が透過  
し高調波を反射する誘電体多層膜が形成されていること  
を特徴とする請求項1または2に記載のレーザ装置。

【請求項10】波長変換素子が、 $\text{KTiOPO}_4$ 、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、 $\text{LiIO}_3$ 、 $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ 、 $\text{LiB}_3\text{O}_6$ または有機イオン結晶から選ばれる少なく  
とも一つの波長変換用非線形光学材料で構成されている請  
求項1、2または9のいずれかに記載のレーザ装置。

【請求項11】波長変換用非線形光学材料の誘電分極が  
周期的に反転されていることを特徴とする請求項1、2  
または9のいずれかに記載のレーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本願発明は、レーザプリンタ、光  
ディスク、光応用計測、レーザディスプレイ等のレーザ  
光源として用いられるもので、半導体レーザで励起され  
る固体レーザ媒質を有し、共振器内部に波長変換素子を  
有したレーザ装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、2次の非線形光学材料を利用した  
波長変換素子（第2次高調波発生（以下SHGと略  
す）、光和周波発生、光差周波発生など）を含むレーザ  
装置が、光情報処理用（例えば光ディスクプレーヤやレ  
ーザプリンタ）光源、各種計測装置用光源、レーザディ  
スプレー用光源として盛んに研究されている。

【0003】波長変換素子を含むレーザ装置としては、  
以下の2種類に大別する事が出来る。

【0004】（1）第1の方式はNd:YAGやNd:  
YVO<sub>4</sub>等の固体レーザ媒質を半導体レーザで励起し、  
固体レーザ装置の光共振器内に波長変換素子（おもにS  
HG素子 Second Harmonic Generator）を配置して第  
2次高調波（以下SH波と略す）を発生させる方式で、  
内部共振器型波長変換素子が用いられている。

【0005】（2）第2の方式は半導体レーザから出射  
された基本波を直接波長変換素子に入射して第2次高調  
波を取り出す方式のものであり、外部共振器型の波長変  
換素子と導波路型波長変換素子が用いられている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の第1の方式は、  
比較的簡単に波長変換を行うことが出来る。また、レー  
ザディスプレイの光源としては1W～数Wの光パワーが  
必要であるが、内部共振器型のSHG素子では比較的容  
易にその程度の大パワー出力を得ることができる。しか  
し、従来のNd系固体レーザ媒質では基本波の発振波長  
が $1.06\text{ }\mu\text{m}$ 付近であり、そのSH光は $0.53\text{ }\mu\text{m}$ 付  
近の緑色光となり、より短波長のSH光を得ることが出  
来ない。Nd:YAG結晶は $0.946\text{ }\mu\text{m}$ でレーザ発  
振可能であるが、発振効率が $1.06\text{ }\mu\text{m}$ の場合に比べ  
て約1桁程度低い。さらに発振効率が結晶温度に大きく  
依存するという課題がある。

【0007】近年、Crを活性イオンとするCr:LiCaAlF<sub>6</sub>。(以下LiCAFと略す)、Cr:LiSrAlF<sub>6</sub>。(以下LiSAFと略す)等のレーザ媒質は半導体レーザ励起により0.7 $\mu$ m~1.0 $\mu$ mの波長範囲で効率よく発振することが報告されている。しかしこれらのレーザ結晶を内部共振器型波長変換素子に利用する場合、発振波長を複屈折フィルターやグレーティングで選択する必要があるが光共振器の構成が複雑になるという課題がある。また、これらはフッ化物結晶であり、空気中の水分と反応したり結晶成長が困難である等の課題がある。さらにこれらの酸化物やフッ化物の蛍光寿命は100 $\mu$ sec程度であるのでレーザ光を直接変調する場合10kHz程度でしか変調出来ない。光ディスクプレーヤー等の記録光源として用いるためには少なくとも数MHz以上に光を変調する必要がある、従って電気光学効果や音響光学効果を利用した外部光変調器が新たに必要になるという課題がある。

【0008】半導体レーザを用いた内部共振器型波長変換素子も提案されている(例えばHarold D. et al.: IEEE J. Quantum Electronics Vol. QE6 (1970) pp356-360)。しかし通常の半導体レーザ光は狭い導波路(0.1 $\mu$ m $\times$ 数 $\mu$ m角の断面)から光が出射され、出射された光は大きな広がり角を持つ。このため半導体レーザチップの外にレンズや出力ミラーを設置しても、出力ミラーで反射された光の数十%しか半導体レーザの導波路内に戻らず、光共振器内の基本波強度を大きくできない。従って高効率の波長変換素子を備えたレーザ装置を実現することが出来ないという課題がある。

【0009】第2の方式では、半導体レーザ光の波長を直接波長変換するため0.4 $\mu$ m帯のSH光を得ることが出来る。さらにCdZnSe、ZnSe、ZnMgSSe系等のII-VI族半導体レーザの光を基本波とすることにより波長0.3 $\mu$ m以下のSH光を得ることが出来る。しかし、外部共振器型波長変換素子では半導体レーザの波長と光共振器の共振波長を一致させるため複雑な波長制御技術が必要となるという課題がある。さらに波長変換用結晶自体を光共振器とする場合は(例えばW. Le nth et al.: Proceedings of SPIE Vol. 1219 (1990) pp21-29, 特開平4-335586号公報等)結晶端面に高精度の曲面加工が必要となりレーザ装置が著しく高価なものとなるという課題がある。

【0010】導波路型波長変換素子では、断面積が数 $\mu$ m $\times$ 数 $\mu$ m以下の導波路に大パワーのレーザ光を導入することが困難なために、レーザディスプレイ用光源を実現することは出来ない。さらに、半導体レーザ光を効率よく安定して導波路型波長変換素子に導入することが困難である。また半導体レーザ光の波長を安定させるため波長安定化の機構が必要になるので、外部共振器型波長変換素子の場合と同様の課題がある。

【0011】本発明は、前記従来の問題点を解決するた

め、簡単な構成で、かつ直接変調可能なさらに大パワーの短波長レーザ光源を得ることのできるレーザ装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明のレーザ装置は、半導体レーザ、固体レーザ媒質、光共振器及び波長変換素子を構成要素とするレーザ装置において、前記固体レーザ媒質としてIII-V族半導体結晶、またはII-VI族半導体結晶を用いることを特徴とする。

【0013】前記構成において、固体レーザ媒質としては、III-V族半導体結晶であるGaAs結晶、AlGaAs結晶、AlGaInP結晶、それらの混晶結晶や超格子結晶から選ばれる少なくとも一つの物質、またはII-VI族半導体結晶としてはCdS、CdSe、ZnS、ZnSe、ZnTe及びそれらの混晶結晶や超格子結晶の何れかが用いられていることが望ましい。

【0014】さらに、固体レーザ媒質の少なくとも片方の主面に誘電体多層膜よりなるミラーが形成されており、この端面がサファイヤ基板またはダイヤモンド基板に接合されているか、固体レーザ媒質が熱伝導の優れたAu、Ag、Cu、Al、またはこれらをの元素を含む熱伝導率100W $\cdot$ m<sup>-1</sup> $\cdot$ K<sup>-1</sup>以上の合金に直接保持されていることが好ましい。

【0015】半導体レーザの励起パワー及び発生した第2次高調波パワーを同時にモニターすること、さらに構成要素光部品が温度コントロールされていることがより好ましい。

【0016】固体レーザ媒質の発光に寄与する部分の主面の直径が励起用半導体レーザビームの直径と同程度であることが望ましい。

【0017】さらに波長変換素子の励起側主面に基本波が透過し高調波を反射する誘電体多層膜が形成されていることがこのましい。

【0018】また前記構成においては、波長変換素子は、KTiOPO<sub>4</sub> (KTP)、LiNbO<sub>3</sub> (LN)、LiTaO<sub>3</sub> (LT)、KNbO<sub>3</sub> (KN)、LiIO<sub>3</sub>、 $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (BBO)、LiB<sub>3</sub>O<sub>6</sub> (LB<sub>6</sub>O)または有機イオン結晶から選ばれる少なくとも一つの波長変換用光学材料で構成されることが好ましい。

【0019】また前記構成においては、波長変換用非線形光学材料の誘電分極が周期的に反転されていることが好ましい。

【0020】さらに、本願発明によるレーザ装置をレーザディスプレイの光源として用いることが好ましい。

【0021】

【作用】本発明の構成によれば、固体レーザ媒質としてIII-V族半導体結晶、またはII-VI族半導体結晶を用いることにより変調可能な、そして高出力な短波長光源用のレーザ装置を実現できる。

【0022】すなわち、波長0.9 $\mu$ m~0.6 $\mu$ m帯の

レーザ光は、固体レーザ媒質としてGaAs、AlGaAs、AlGaInP系のIII-V族半導体結晶を用いることにより発振させることが出来る。この時励起用半導体レーザ光源(GaAs系、AlGaInP系の半導体レーザ)の波長は固体レーザ媒質として用いる半導体材料の吸収端波長より短くすることにより、効率よく励起可能である。

【0023】波長変換方式としては内部共振器型波長変換方式となるため、簡単な構成で0.9 $\mu$ m~0.6 $\mu$ m帯の半分の波長のSH光を得ることが出来る。基本波の波長は主に固体レーザ媒質として用いる半導体結晶の組成により決めることができる。

【0024】波長0.5 $\mu$ m~0.4 $\mu$ m帯のレーザ光は、固体レーザ媒質としてII-VI族半導体結晶であるCdS、CdSe、ZnS、ZnSe、ZnTe、MgS、MgSe及びそれらの混晶結晶や超格子結晶の何れかを用いることができる。

【0025】励起用半導体レーザとしては例えばCdZnSe、ZnSe、ZnMgSSe系等のII-VI族半導体レーザを用いることが出来る。

【0026】これら半導体結晶の蛍光寿命は数nsec程度であり、励起光源を変調する事により少なくとも数百MHzまで変調する事が可能となる。従って光ディスク、レーザディスプレイ等の光源として新たに光変調器を必要としないという特徴がある。酸化物結晶やフッ化物結晶を固体レーザ媒質として用いた場合には、変調周波数が数10kHzであり、これらの結晶を用いたレーザ装置を光ディスクプレーヤー等の光源として用いる場合、新たに光変調器を必要としていた。

【0027】つぎに固体レーザ媒質は、光共振器内に配置されているか少なくとも片方の主面に誘電体(または半導体)多層膜よりなるミラーが形成されており、対向する側には出力ミラーが配置されている。固体レーザ媒質はサファイヤ基板またはダイヤモンド基板に接合されたものか、直接銅のような熱伝導の良い材料からできた台に固定されているので、固体レーザ結晶で発生する熱を効率よく取り出すことが出来る。本構成のレーザ装置は光励起型の、導波路構造を用いない、バルクタイプのレーザ装置である。導波路型半導体レーザの内部共振器型波長変換の場合に問題となるレーザ光が光導波路へ数十%しか戻らず(光共振器ロスが非常に大きい)光共振器内の基本波強度が大きくなならないという問題を解決できる。

【0028】光励起法を用いることにより、(光励起により発生したキャリアの閉じこめのみを考えればよく)通常の半導体レーザで必要となる電流の閉じこめや電流を流すための低抵抗化を考える必要がなく、発光部の素子構造が簡単になる。さらに励起用の半導体レーザのビームの品質(縦モード、横モードとも)があまり要求されないので、縦モード・横モードともマルチモードの大

パワーの半導体レーザを利用できる。SHG出力は入射パワーの2乗に比例するので、このような大パワーの半導体レーザが利用出来ることは変換効率の大きな高出力のSHG光源を実現する上で非常に有効である。通常200mW以上の高出力半導体レーザは導波路幅が広く(数十 $\mu$ m以上)レーザビームは縦モード・横モードともマルチモードとなり導波路型や外部共振器型SHG素子には利用できない。

【0029】非線形光学材料としてはKTiOPO<sub>4</sub>、(KTP)、LiNbO<sub>3</sub>、(LN)、LiTaO<sub>3</sub>、(LT)、KNbO<sub>3</sub>、(KN)、LiIO<sub>3</sub>、が比較的大きな非線形光学定数を示すので有効である。 $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、(BBO)、LiB<sub>3</sub>O<sub>6</sub>、(LBO)は吸収端波長が0.2 $\mu$ m以下と短いので紫外のSH光発生まで使用でき特にII-VI族半導体結晶との組合せが有効である。またKTiOPO<sub>4</sub>、LiNbO<sub>3</sub>、LiTaO<sub>3</sub>等の非線形光学材料の場合、誘電分極が周期的に反転されてた構成の材料を波長変換素子として用いることができる。この場合、誘電分極の反転周期を調節することにより任意の波長で位相整合(いわゆる疑似位相整合:例えばD.H.Jundt et.al.:Appl.Phys.Lett Vol.59 pp2657-2659(1991))をとることができ、波長変換材料の種類を変化させる必要がないので有利である。また有機イオン結晶は有機非線形光学材料の一種であり、非常に大きな非線形光学定数が期待できるので低出力の波長変換に有効である。

【0030】さらに、本願発明によるレーザ装置をレーザディスプレイの光源として用いることにより、従来試みられたガスレーザを用いたレーザディスプレイに比べて、きわめて小型・高効率で安価なレーザディスプレイを実現することが可能となる。

【0031】

【実施例】以下、実施例を用いて本願発明をさらに具体的に説明する。

【0032】本願発明は、固体レーザ媒質として半導体結晶(III-V族半導体結晶、II-VI族半導体結晶)を用いる事により基本波波長が0.9 $\mu$ m帯~0.6 $\mu$ m帯及び0.5 $\mu$ m~0.4 $\mu$ m帯の光を得、その内部共振器型波長変換素子を用いて半分の波長の短波長レーザ光を発生するレーザ装置を実現するものである。

【0033】固体レーザ媒質として半導体結晶を用いる場合、光励起されたキャリアが励起場所にとどまらず拡散や結晶表面での非発光再結合により消滅するので、すぐにキャリア密度が減衰する。励起されたキャリアを特定の場所に閉じ込めるブロッキング層を設けることがキャリアの閉じ込めに有効である。また、非発光再結合成分が多い結晶表面にキャリアが拡散しない構造となるので望ましい。キャリアの閉じ込め構造は、光励起される場所(したがって発光場所)よりエネルギーギャップの大きな材料で励起部分を被うことにより実現できる。

【0034】例えば0.8 $\mu$ m帯の固体レーザ媒質とし

てGaAs結晶を、キャリア閉じこめのためのバンドギャップの大きな材料としてはAlGaAsを用いることが出来る。励起用半導体レーザ光の波長により吸収係数が異なるので、励起光を吸収するだけの結晶厚みがあればよい。通常GaAs結晶の厚みは数 $\mu\text{m}$ から数十 $\mu\text{m}$ 程度以下でよい。最も簡単にはGaAs基板をメカノケミカル研磨及びウェットエッチング等を利用して厚み数 $\mu\text{m}$ 〜数十 $\mu\text{m}$ 程度の薄板状結晶を得ることが出来る。厚み数 $\mu\text{m}$ 〜数十 $\mu\text{m}$ 程度の薄板状結晶を得る別の方法としてはGaAs基板上にAlGaAsを0.2 $\mu\text{m}$ 成長し、次にGaAsを数 $\mu\text{m}$ 〜数十 $\mu\text{m}$ 成長し次にAlGaAsを0.2 $\mu\text{m}$ 成長する。次にGaAs基板を厚み数十 $\mu\text{m}$ 程度以下まで研磨し、最後に選択エッチングで残ったGaAs基板を完全に除去すればよい。この場合は厚み0.2 $\mu\text{m}$ のAlGaAsにサンドイッチされた厚み数 $\mu\text{m}$ 〜数十 $\mu\text{m}$ のGaAs薄板結晶を得ることが出来る。固体レーザ媒質として発光効率を上げるために発光層としてGaAs-AlGaAsの多重量子井戸構造の薄板結晶を用いてもよい。次にその薄板状結晶をサファイヤ、またはダイヤモンド結晶上に接合する。接合の方法としては例えば適当な有機接着剤を用いても良いが、オブティカルコンタクト、陽極酸化（例えばBertil Hok et al.: Appl. Phys. Lett. Vol 43 (1983) pp267-269）等の技術を用いることが放熱、信頼性の観点より望ましい。さらにサファイヤ基板またはダイヤモンド基板は熱伝導率100W・m<sup>-1</sup>・K<sup>-1</sup>以上のAg, Cu, Au, Al, またはそれらの合金からなる材料に熱伝導ペースト、ネジ、半田等で保持されることにより効率よく固体レーザ媒質から発生する熱を放熱することができる。固体レーザ媒質を直接熱伝導の良い台に固定しても良い。

【0035】次にフォトリソプロセス及びエッチングプロセスを利用して、直径が励起用半導体レーザ光のビーム径と同程度になるように円板状に加工する。例えば直径数 $\mu\text{m}$ 〜20 $\mu\text{m}$ 程度になるよう周辺部を除去すればよい。また1W〜数Wの大パワーの波長変換用には、励起用半導体レーザのビーム径と同程度の100〜1000 $\mu\text{m}$ 程度になるように周辺部を除去する。さらにキャリアの結晶表面への拡散を押さえるためには結晶表面にAlGaAs（例えばAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As）をエピタキシャル成長すればよい。次に半導体結晶の片方の主面及び対向する側に配置された出力鏡の間で光共振器を構成する。半導体結晶主面を光共振器の片方のミラーとして用いる代わりに別に光学ガラス基板に誘電体多層膜を蒸着したミラーを用いてもよい。光励起用光源としては電気から光への変換効率のよい半導体レーザを用いる。半導体レーザとしてはAlGaAs系半導体レーザ（波長0.8 $\mu\text{m}$ 帯）またAlGaInP系半導体レーザ（波長0.6 $\mu\text{m}$ 帯）を用いることが出来る。

【0036】非線形光学材料としてはKTiOPO

、(KTP)、LiNbO<sub>3</sub> (LN)、LiTaO<sub>3</sub> (L

T)、KNbO<sub>3</sub> (KN)、LiIO<sub>3</sub>、等を用いることが出来る。LiIO<sub>3</sub>では基本波波長約0.6 $\mu\text{m}$ まで、またKNでは基本波波長約0.84 $\mu\text{m}$ まで位相整合可能である。また有機イオン結晶としては例えば特願平5-61680号に示されているようにp-ニトロフェノキシ酢酸ナトリウム系等を用いることが出来る。KTP、LNのバルク結晶では基本波波長1 $\mu\text{m}$ 帯以下の波長では位相整合しない。また、LTは複屈折量が小さくバルク結晶では全く位相整合しない。従って、いわゆる疑似位相整合をとる必要がある。疑似位相整合のための方法としてはKTPにおいてはRb等のイオン拡散法が主に用いられる。LNやLTにおいては櫛形電極を形成して高電場でポーリングする。または結晶成長時にイットリウム等の元素を添加し且つ1分間に数回〜十数回周期的に揺らいだ成長温度条件で結晶を引き上げる（チョクラルスキー法）等の方法により、周期的に誘電分極の反転した結晶を得ることが出来る。

【0037】上記の非線形光学材料を用いて作成した波長変換素子をレーザ装置の光共振器内に配置することにより内部共振器型波長変換方式のレーザ装置が実現される。波長変換素子及び／または各光部品が必要に応じて温度コントロールされていてもよい。本構成は内部共振器型波長変換方式であり、簡単な構成で効率よく波長変換することが出来る。そのため外部共振器型波長変換素子や導波路型波長変換素子を用いる場合に問題となる複雑な波長安定化制御や波長変換結晶の複雑な加工をほとんど必要としない。

【0038】レーザ媒質としてII-VI族半導体結晶を用いる場合は、GaAs基板上に例えばZnSeをエピタキシャル成長した後、基板のみを研磨及びエッチングにより除去することによりZnSeの薄板結晶を得ることが出来る。励起用半導体レーザとしては例えばCdZnSe、ZnSe、ZnMgSSe系等のII-VI族半導体レーザを用いることが出来る。また波長変換用非線形光学材料としてBBOまたはLBOを用いる。上記以外は同様の構成で短波長レーザ装置を実現できる。

【0039】さらにSHG強度安定化のため発振スペクトルを単一モードにする必要がある場合は光共振器内にエタロン板を、また偏光を制御する必要がある場合はブリュウスター板等の偏光制御素子を光共振器内に配置する事により実現できる。また、励起用半導体レーザパワー及びSHG出力を同時にモニターし、レーザ装置の主な構成部品の温度を一定にする事によりより安定なSHG出力光を得ることが可能となる。

【0040】本願発明をより詳細に説明するために以下に具体例を用いて説明する。

（実施例1）本願発明のレーザ装置の概略を図2に示す。励起用半導体レーザ光源20として波長780nmのAlGaAs系の半導体レーザを用いた。半導体レーザ20から出射された光はレンズ系21を通して発光部

22集光される。発光部22の構造を図1に示す。GaAs結晶12の厚みは2 $\mu$ mである。波長780nmに対するGaAs結晶の光吸収係数は約 $1.4 \times 10^4$  (cm<sup>-1</sup>)であるので、結晶の厚み2 $\mu$ mの時励起光の94%以上が吸収される。この結晶の出力ミラー側主面は誘電体多層膜11からなる無反射コーティングが蒸着されてる。誘電体材料としては高屈折材料としてはTiO<sub>2</sub>、CeO<sub>2</sub>などを、低屈折材料としてはSiO<sub>2</sub>やMgF<sub>2</sub>等が用いることにより、波長0.88 $\mu$ mの光が99%以上透過する無反射コートが実現されている。

【0041】結晶の励起側主面には励起波長0.78 $\mu$ mの光が透過し基本波波長である0.88 $\mu$ mの光に対しては99%以上反射する誘電体多層膜ミラー13が形成されている。誘電体ミラー13はオブチカルコンタクトによりサファイヤ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)基板14に接合されている。サファイヤ基板に固定されたGaAs及び誘電体多層膜よりなる部分をフォトリソプロセスとドライエッチングの技術を用いて直径10 $\mu$ m $\phi$ に加工した。サファイヤ基板の励起光入射側には波長0.78 $\mu$ mの光が効率よく透過するように誘電体多層膜15よりなる無反射コートが製膜されている。発光部22は銅製のホルダーに固定されており効率よく放熱されるようになっている。出力ミラーは基本波である波長0.88 $\mu$ mの光は99%以上反射しSH光である波長0.44 $\mu$ mの光は95%以上透過する誘電体多層膜が形成されている。励起用半導体レーザ20で励起された発光部22は、波長0.88 $\mu$ mの光が光共振器の励起側ミラー13と出力ミラー24で何度も往復を繰り返すことにより、発振する。励起用半導体レーザの光は発光層12のGaAs結晶部でビーム径約10 $\mu$ mに集光されている。基本波である0.88 $\mu$ mの光は光共振器内に閉じこめられるため、光共振器内での基本波の光強度は大きくなる。波長変換素子用結晶としてはLiIO<sub>3</sub>を用いた。LiIO<sub>3</sub>結晶は波長0.88 $\mu$ mで位相整合する角度に切り出されている。さらに結晶表面の発光部側23Aには波長0.88 $\mu$ mの光は透過しそのSH光である波長0.44 $\mu$ mの光は反射する誘電体多層膜が製膜されている。また、波長変換素子の出力ミラー側23Bの面には0.88 $\mu$ m及び0.44 $\mu$ mの両方の波長の光が透過する用に誘電体多層膜が製膜されている。従ってこのLiIO<sub>3</sub>よりなる波長変換素子を光共振器内に配置する事により、光共振器内で大きな光強度を有する波長0.88 $\mu$ mのSH光である0.44 $\mu$ mの光を出力ミラー24を通して効率よく取り出すことができる。本構成のレーザ装置を用いることにより励起用半導体レーザパワー200mWにおいて1mWの波長440nmのSH光が得られる。

【0042】さらに、波長780nmの励起用半導体レーザの励起パワーを変調することにより基本波を500MHzまで変調可能であり、さらに500MHzまで変

調された波長440nmのSH光を確認した。なお、変調周波数(500MHz)は励起用半導体レーザの駆動回路の制限によるものでありさらに高周波まで変調可能である。

【0043】(実施例2)発光部としてII-VI族半導体薄膜結晶を用いた場合について図9を用いて説明する。予め、研磨とエッチングで厚みを薄くした厚み50 $\mu$ mのGaAs基板を用いる。その上にブロッキング層としてZnSe92を0.2 $\mu$ m、発光層としてZn<sub>0.9</sub>Cd<sub>0.1</sub>Se93を2 $\mu$ m、さらにブロッキング層としてZnSe94を0.2 $\mu$ m、MBE法を用いて成長する。次にGaAs基板を選択エッチを用いて完全に除去する。此の後、この薄膜結晶の片方には波長530nmを透過する誘電体多層膜91、対向する反対側の面には励起用の波長480nm光は透過し、基本波である波長530nmの光を99%以上反射する誘電体多層膜95を蒸着する。得られた結晶をオブチカルコンタクト法を用いてサファイヤ基板96に接合する。サファイヤ基板96には励起用の波長480nmの光が透過する誘電体多層膜97が蒸着されている。本構成のレーザ媒質を実施例1と同様の光学系で評価する。但し、励起用半導体レーザはZnSe系半導体レーザを液体窒素温度に冷却して用い、波長480nmで励起する。レーザ出力ミラーは基本波波長530nmは99%以上反射し、そのSH光の波長265nmは95%以上透過するミラーに変更する。さらに、波長変換素子としてはBBO結晶を用いる。他の光学系の構成は実施例1と同様である。励起用半導体レーザパワー100mWのとき0.1mWの波長265nmの紫外光を得ることができる。

【0044】さらに、波長480nmの励起用半導体レーザの励起パワーを変調することにより500MHzまで変調された波長265nmのSH光を確認できる。

【0045】(実施例3)本願発明による波長440nm用小型レーザ装置の具体例を図3を用いて説明する。

【0046】図3(a)はレーザ装置の構成概要を示す上面図、図3(b)は側面図である。レーザ装置を配置するための台としてはSiブロック38を用いる。ここでSiブロックを用いるのは、Siの熱伝導率が168W $\cdot$ m<sup>-1</sup> $\cdot$ K<sup>-1</sup>と大きいこと、及び線膨張係数が $2.4 \times 10^{-6}$ °C<sup>-1</sup>と通常の金属に比べて約1桁小さいため共振器の光学軸ズレが小さくなるためである。

【0047】半導体レーザチップ30はヒートシンクに取付け、それをSiブロック38上に固定した。実施例1と同様の発光部35(ただし発光部の直径は30 $\mu$ m $\phi$ )をサファイヤ基板36に接合したものを半田等を用いてSiブロック38に固定する。ここでサファイヤ基板は半田に濡れるようにSiブロック38に固定する部分に金等の金属を蒸着したものをもちいた。

【0048】半導体レーザチップから出射された光はレンズを介することなく発光部35を励起する。また波長



変換素子33及び出力ミラーは実施例1と同様のものを用いた。波長変換素子33の固定には熱伝導性のよい接着剤を用いて固定する。最後に出力ミラー34は半導体レーザチップを駆動しながら波長880nmの基本波が安定に発振しSH光の出力が最大になるように調整しながら半田を用いて固定した。半導体の励起パワー200mWの時0.7mWの波長440nmのSH光を得ることができる。

【0049】(実施例4)本願発明による波長440nm用小型レーザ装置の2番目の具体例を図4を用いて説明する。

【0050】図4(a)はレーザ装置の構成概要を示す上面図、図4(b)は側面図である。レーザ装置を配置するための台としては銅ブロック48を用いる。ここで銅ブロックを用いるのは銅の熱伝導率が $400\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ と良好であるためである。本具体例では銅を用いたがAu、Ag、Al等を含む熱伝導率の大きな合金を用いることもできる。半導体レーザチップ40はヒートシンクに取付け、それを銅ブロック上に固定した。Example3と同様に発光部45をサファイヤ基板46に接合したものを半田等を用いて銅ブロック48に固定する。

【0051】ここでサファイヤ基板の半導体レーザ側は反射光が励起側半導体レーザに戻ることをさけるため垂直から5~15度程度角度を傾けてある。これはサファイヤ基板には無反射コートがなされているが、わずかながら反射する光が半導体レーザにもどらないようにするためである。

【0052】以下実施例3と同様に組立をおこなった。本装置を用いて半導体レーザの励起パワー200mWの時0.8mWの波長440nmのSH光を得ることができる。さらに、サファイヤ基板からの反射戻り光が半導体レーザに戻らないため実施例3と比較して安定にSHG光を得ることができる。

【0053】(実施例5)本願発明のレーザ装置をさらに高効率・高出力にするためには、発光部のキャリアの閉じこめ効率をさらによくすることと、熱の取り出しをさらに良好にすることが有効である。以下に、発光部のキャリア閉じこめ効率をよくし、熱の取り出しをよくするための発光部の構成及び作成プロセスを図5を用いて説明する。

【0054】図5(a)のように、GaAs基板50にAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As層51を0.2μm、GaAs層52を2μm、Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As層53を0.2μm LPE法を用いて成長する。次にSiO<sub>2</sub>を製膜しフォトリソグラフィで所望の発光部の面積と同程度の円形マスクを作成する。

【0055】図5(b)のように、ドライエッチングとウェットエッチングを用いて発光層となる円柱形状を作成する。

【0056】図5(c)のように、キャリア閉じこめのた

めのブロッキング層(Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As層55)を0.5~2μm成長する。次に基板を研磨して約50μm程度まで薄くし、研磨によるダメージをウェットエッチングにより取り除く。

【0057】図5(d)のように、発光部の有効面積より多少大きな円形のパターンをフォトリソに形成する。

【0058】図5(e)のように、基板50を1規定のNH<sub>4</sub>OH:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(=1:20)で選択エッチする。

【0059】図5(f)のように、光励起側および励起と反対側に誘電体多層膜57及び58を製膜する。ここで励起側主面の誘電体多層膜58には励起波長0.78μmの光が透過し基本波波長である0.88μmの光に対しては99%以上反射する。この結晶の出力ミラー側主面の誘電体多層膜57は波長0.88μmの光が99%以上透過する無反射コートが実現されている。

【0060】(実施例6)つぎに図5(f)と同様の構成からなる半導体結晶を用いた小形のレーザ装置の例を図6及び図7を用いて説明する。図6は図5で示したのと同じ、発光部69の取り付け方法を示す図である。発光部69は基本波が透過する貫通穴のあいた銅製の板66に半田などで固定される。さらに板66は同じく銅製のブロック68に固定されている。したがって、発光部で非発光成分として発生した熱は効率よく銅製のブロックに逃がすことができる。同じ銅ブロックに取り付けられた半導体レーザチップ60の光により(レンズを介さず)直接励起される。

【0061】図7は本願発明による小形レーザ装置の全体構成を示す図である。ここで波長変換素子73用の結晶としてはKNbO<sub>3</sub>を用いた。また励起用半導体レーザパワー、SHG出力をモニターするフォトダイオード80及び81が配置されている。さらに光学系全体がベルチェ素子83により±0.02℃の精度で温度コントロールされている。レーザ装置全体はケース84及び85により乾燥窒素雰囲気中に完全に密閉されている。

【0062】本レーザ装置に於いて、励起半導体レーザパワー200mWの時3mWのSH光を得ることができる。さらにレーザの安定性は1時間当たりのパワー揺らぎは±2%以内である。これは、出力光をモニターしながらフィードバック制御が可能となるためである。

【0063】(実施例7)実施例5と同様の発光部とKNbO<sub>3</sub>結晶を用いて、図2と同様の光学系を作成し大出力レーザ装置を実現した。発光部の有効径は直径500μmである。また、励起用半導体レーザはストライプ幅500μmの縦モード・横モードともマルチモードのものを用いた。KNbO<sub>3</sub>結晶を用いた波長変換素子はベルチェ素子により±0.02℃の精度で温度コントロールされている。本構成のレーザ装置において、励起パワー4Wの時2Wの波長440nmのSH光を得ることができる。本レーザ装置はレーザディスプレーの光源として用いることができる。

【0064】(実施例8)本願発明による、レーザディスプレイの例を図8を用いて説明する。赤色光源801としては、半導体レーザ励起の波長1320nmで発振するNd:YAGレーザの内部共振器型第2次高調波を用いた。励起パワー5Wの縦・横マルチモードの半導体レーザを用いて波長660nmの赤色SHG出力2Wを得る。また緑色光源802としては、半導体レーザ励起の波長1064nmで発振するNd:YVO<sub>4</sub>レーザを用いる。半導体レーザの励起パワー3Wの時1.6Wの波長532nm緑色光を得ることができる。

【0065】また青色光源803としては実施例6のレーザ光源を用いた。これらの光源から出射された光は音響光学効果を利用した変調器805~807によってそれぞれ変調される。ここで外部変調器807を用いるのは、使用した大パワーの励起用半導体レーザの変調特性がよいからであり、変調特性の良い半導体レーザがあれば必要が無い。また赤及び緑色用光源には原理上外部変調器が必要であることは、以前に述べた通りである。外部変調器を透過した光はNDフィルタ815~817によって光量が、色再現性がよくなるように、調整されたのちダイクロミックミラー810~812によって同一の光軸に合わされる。この光は全反射ミラー818によって光路が調整された後、水平方向の光捜査のためのポリゴンミラー825で反射され、さらに垂直方向捜査ミラー820によって反射された後、スクリーン830に到達する。スクリーンに画面の大きさ30インチの映像を写した結果、通常のNTSC方式と同画質の映像が得られた。

【0066】捜査型のレーザディスプレイに例について開示したが、投射形液晶ディスプレイの光源としても利用することができる。この場合は、光源から同一光軸に合わせられた光を、ビームエキスパンダーをもちいて液晶モジュールの画面サイズに広げて用いる。また音響光学素子を用いた外部変調器は必要なくなる。スクリーンに投影された映像にスペckルノイズが発生する場合は、ランダム位相板、回折素子等を光学系中に配置することで回避することが出来る。レーザ光源を用いた場合、ほぼ完全な平行光を容易に得られること、及び目的とする波長の光のみを発生するので光の利用効率が非常に高くなる。通常のランプ光源を用いた場合、特に赤外や紫外光等の不用な光は熱となり、液晶モジュールの発熱が問題となるが、レーザ光源を用いた場合この問題を回避することが可能となる。

【0067】以上、本願発明による実施例では第2高調波発生を利用したレーザ装置についての例を示したが、光和周波発生や光差周波発生を利用したレーザ装置の場合でも本発明を用いることが出来る。

【0068】さらに上記の説明は、本発明の一実施例に関するもので、この技術分野の当業者であれば、本発明の種々の変形例が考えられるが、それらはいずれも本発

明の技術的範囲に含まれる。

【0069】

【発明の効果】以上のように本発明のレーザ装置によれば以下のような効果が得られ、その工業的価値はきわめて大きい。

(1) 固体レーザ媒質としてIII-V半導体結晶、またはII-VI族半導体結晶を用いることにより簡単な構成で、直接変調可能な、短波長光源用のレーザ装置を実現できる。

(2) 光励起法を用いることにより、(光励起により発生したキャリアの閉じこめのみを考えればよく)通常の半導体レーザで必要となる電流の閉じこめや電流を流すための低抵抗化を考える必要がなく、発光部の素子構造が簡単になる。

(3) 励起用の半導体レーザのビームの品質(縦モード、横モードとも)があまり要求されないで、縦モード・横モードともマルチモードの大パワーの半導体レーザを利用できる。SHG出力は入射パワーの2乗に比例するので、このような大パワーの半導体レーザが利用出来ることは変換効率の大きな高出力のSHG光源を実現する上で非常に有効である。

(4) 本願発明によるレーザ装置をレーザディスプレイの光源として用いることにより、従来試みられたガスレーザを用いたレーザディスプレイに比べて、きわめて小型・高効率で安価なレーザディスプレイを実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1における発光部の構成を示す図

【図2】本発明の実施例1における、図1の発光部22を用いたレーザ装置の構成を示す模式図

【図3】本発明の実施例3における小形レーザ装置の構成を示す図

【図4】本発明の実施例4における小型レーザ装置の構成を示す図

【図5】本発明の実施例5における発光部の構成及び作成プロセスを示す図

【図6】本発明の実施例6における発光部の固定部を示す図

【図7】本発明の実施例6におけるレーザ装置の構成を示す図

【図8】本発明における光源を利用したレーザディスプレイの構成を示す図

【図9】本発明の実施例2における発光部の構成を示す図

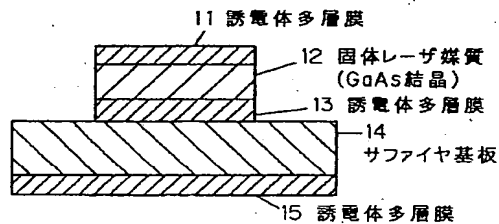
【符号の説明】

- 11 誘電体多層膜
- 12 固体レーザ媒質
- 13 誘電体多層膜
- 14 サファイア基板

- 15 誘電体多層膜  
 20 励起用半導体レーザ  
 21 集光のための光学系  
 22 発光部  
 23 波長変換素子  
 24 出力ミラー  
 801 SHGを利用した赤色レーザ光源  
 802 SHGを利用した緑色レーザ光源

\*

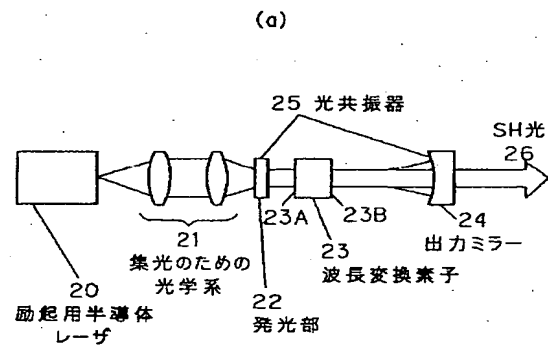
【図1】



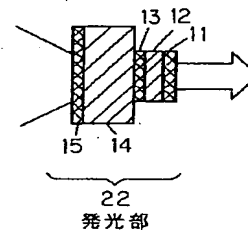
16

- \* 803 SHGを利用した青色レーザ光源  
 805、806、807 外部変調素子  
 810、811、812 ダイクロイックミラー  
 815、816、817 光量調節用フィルタ  
 818 全反射ミラー  
 820 垂直走査用ミラー  
 825 水平走査用ポリゴンミラー

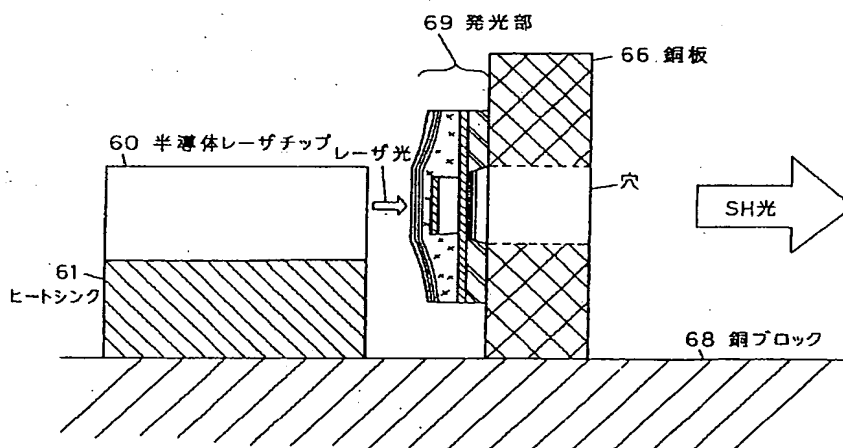
【図2】



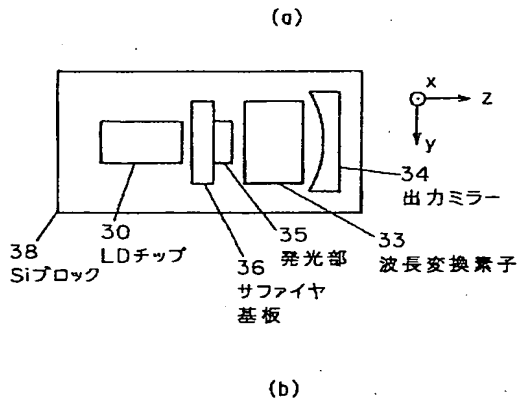
(b)



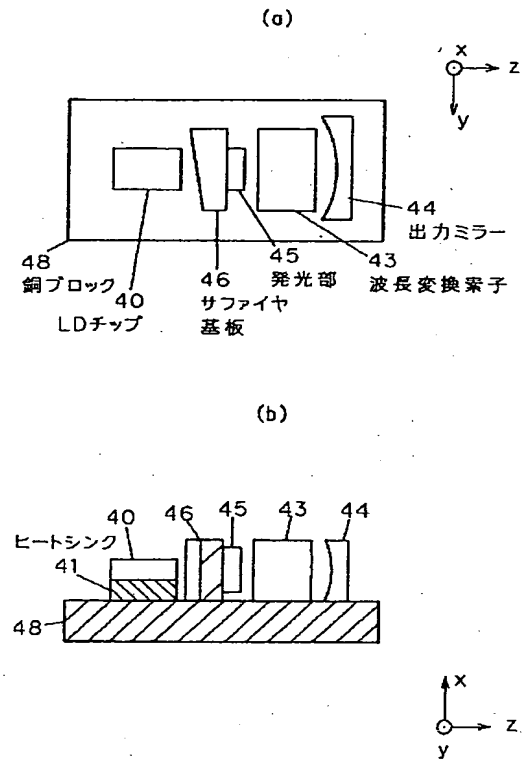
【図6】



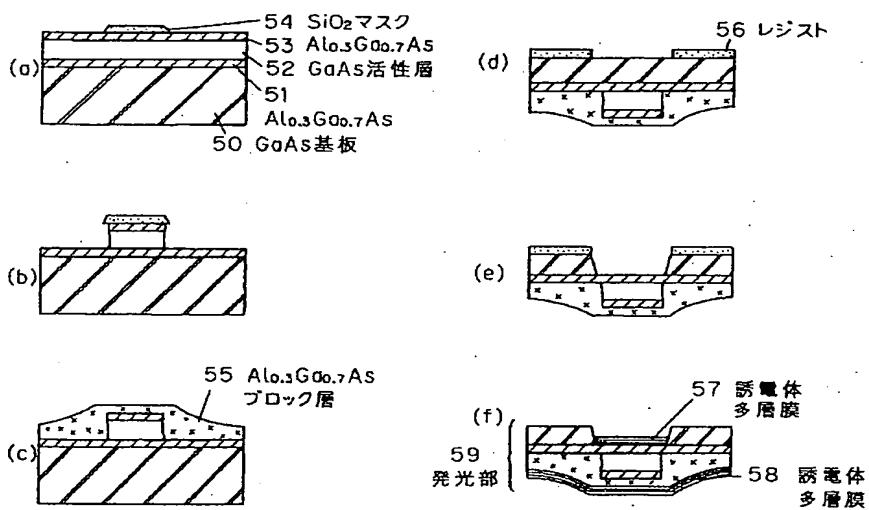
【図3】



【図4】



【図5】



励起用  
半導体レーザ  
チップ

70

79 発光部

76 銅板

73 波長変換素子

74 出力ミラー

82 窓

85 ケース

76 SH光

81 フォトダイオード

84 ケース

ヒートシンク 71

フォトダイオード 80

銅ブロック 78

ペルチェ素子 83

[illegible]

92 ZnSe

94 ZnSe

91 誘電体多層膜

93 固体レーザ媒質  
(ZnCdSeの結晶)

95 誘電体多層膜

96 サファイヤ  
基板

97 誘電体多層膜